

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.09.024

硬脂酸锌对车用聚丙烯复合材料性能影响

程文超¹, 付伟², 陈胜杰², 赖昂², 陈瑶², 杨波³

(1. 上海金发科技发展有限公司, 上海 201714; 2. 武汉金发科技发展有限公司, 武汉 430109; 3. 金发科技股份有限公司企业技术中心, 广州 510663)

摘要: 采用双螺杆挤出机熔融共混挤出制备不同硬脂酸锌含量的40%滑石粉填充聚丙烯(PP)复合材料, 研究了硬脂酸锌含量对复合材料加工性能、力学性能、气味等级、挥发性有机化合物(VOC)含量、总挥发性有机化合物(TVOC)含量及耐划伤性能的影响, 并采用扫描电子显微镜(SEM)分析了滑石粉在PP中的分散效果。结果表明, 随着硬脂酸锌的含量从0份增加到3.0份, 复合材料的加工性能和力学性能均得到改善。SEM测试显示, 滑石粉在PP中的分散更加均匀。随着硬脂酸锌含量的增加, 降低了复合材料中VOC和TVOC含量, 复合材料的耐划伤性能明显提升, 当硬脂酸锌含量为3.0份时, 复合材料的TVOC含量为38.27 $\mu\text{g/g}$, 气味等级为3.0级, 划伤前后的变化值 ΔL 为2.0, 较无硬脂酸锌的复合材料, TVOC降低了51.3%, ΔL 降低了57.4%。

关键词: 润滑剂; 硬脂酸锌; 聚丙烯; 复合材料; 耐划伤; 气味

中图分类号: TQ322.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2020)09-0133-05

Effects of Zinc Stearate on Properties of Polypropylene Composites for Automobile

Cheng Wenchao¹, Fu Wei², Chen Shengjie², Lai Ang², Chen Yao², Yang Bo³

(1. Shanghai Kingfa Sci. & Tech. Dvpt. Co., Ltd., Shanghai 201714, China; 2. Wuhan Kingfa Sci. & Tech. Co., Ltd., Wuhan 430109, China; 3. Kingfa Sci. & Tech. Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: 40% talc powder filled polypropylene (PP) composites with different zinc stearate content were prepared by melt blended and extruded in twin-screw extruder, the influences of zinc stearate content on the processing performance, mechanical properties, odor grade, contents of volatile organic compounds (VOC) and total volatile organic compounds (TVOC) and scratch resistance of composites were researched, the dispersion effect of talc powder in PP was analyzed by environmental scanning electron microscope (SEM). The results show that the processability and mechanical properties are improved with the content of zinc stearate increasing from 0 phr to 3.0 phr, and the SEM test results show that talc powder is more evenly dispersed in PP. With the increase of zinc stearate content, the contents of VOC and TVOC in the composites are decreased, and the scratch resistance of the composites are significantly improved. When the content of zinc stearate is 3.0 phr, the TVOC is 38.27 $\mu\text{g/g}$, the odor grade is 3.0, and the change value ΔL before and after the scratch is 2.0. The TVOC and ΔL are 51.3% and 57.4% lower than the composite without zinc stearate, respectively.

Keywords: lubricant; zinc stearate; polypropylene; composite; scratch resistance; odor

随着汽车轻量化发展, 聚丙烯(PP)复合材料以其廉价易得且易于加工的特点, 在汽车内外饰领域获得广泛应用, 是汽车上用量最大的高分子材料之一^[1-3]。近年来, 随着人们环保意识和汽车安全舒适理念的不断提升, 车用PP复合材料的高性能、低气味、低挥发性有机化合物(VOC)及耐划伤成为诸多研究的热点之一^[4-8]。

PP复合材料从改性到加工成型为零件会经历一系列高温、强剪切的复杂环境, 不可避免地会产生苯类、醛类等有害物质。研究发现, 气味和VOC的主要来源有以下途径^[9-10]: (1) 在聚合过程中的催化剂和单体残留, 在高温高压环境下发生分解或挥发产生醛酮类及小分子苯类物质; (2) 在改性过程中, 由于螺杆的强剪切和螺筒的高温, 使PP及其助

通讯作者: 付伟, 硕士, 主要从事塑料加工与改性的研究 E-mail: fuwbit@163.com

收稿日期: 2020-06-15

引用格式: 程文超, 付伟, 陈胜杰, 等. 硬脂酸锌对车用聚丙烯复合材料性能影响[J]. 工程塑料应用, 2020, 48(9): 133-137.

Cheng Wenchao, Fu Wei, Chen Shengjie, et al. Effects of zinc stearate on properties of polypropylene composites for automobile[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(9): 133-137.

剂(抗氧化剂等)产生降解;(3)在注射成型过程中,经过注塑机筒和热通道的高温 and 模腔内高速、高压、强剪切环境的复杂过程^[11],PP及加工助剂也会发生不同程度的降解,从而产生VOC^[12]。目前改善PP复合材料气味和VOC含量的研究主要是通过加入屏蔽剂、吸附剂或者萃取剂遮盖或者吸附气味物质,以实现低气味和低VOC含量的效果^[13-15]。另外,汽车内饰材料在严格要求低气味和低VOC含量的同时,对材料的耐划伤性也有一定要求。通常为了改善材料的耐划伤性,主要是加入耐划伤剂,如硅酮、芥酸酰胺等,以改善材料表面的摩擦系数达到降低磨损划伤的效果^[16]。

硬脂酸锌在塑料加工中通常作为稳定剂和润滑剂使用,但是对改善PP复合材料的气味、VOC含量和耐划伤性研究较少。笔者通过熔融共混挤出的方法制备40%滑石粉填充PP复合材料,通过加入不同比例的硬脂酸锌,研究了其对PP复合材料的流动性、力学性能、气味、VOC含量及耐划伤性能等的影响。

1 实验部分

1.1 主要原料

PP:HP840N-Z,熔体流动速率(MFR)为12 g/(10 min),中海壳牌石油化工有限公司;

PP:ST30,MFR为3 g/(10 min),中韩(武汉)石油化工有限公司;

滑石粉母粒:由80%的TYT-777A滑石粉(平均粒径4~5 μm,北海添源化工有限责任公司)与20%的PP(ST30)密炼而成,自制;

色母粒:BB 576V,茂康材料科技(常熟)有限公司;

抗氧化剂:Irganox 168,汽巴精化(中国)有限公司;

光稳定剂:UV-3808PP5,氰特化工(上海)有限公司;

高效抗氧化剂母粒、硬脂酸锌:自制。

1.2 主要仪器与设备

双螺杆挤出机:TSE-40A型,南京瑞亚高聚物装备有限公司;

注塑机:HTF80W2型,宁波海天塑机集团有限公司;

二次元影像测量仪:YVM-3020型,东莞源兴光学仪器有限公司;

十字划伤仪:430 P-I型,德国Erichsen公司;

色差仪:CE-7000A型,美国Gretag Macbeth公司;

顶空-气相色谱-氢火焰离子化检测器联用仪:7697A/7890A型,美国安捷伦科技有限公司;

热脱附-气相色谱-质谱联用仪:Turbo Matrix350型,美国Perkin Elmer股份有限公司;

气相色谱-质谱联用仪:5977A/7890B型,美国安捷伦科技有限公司;

万能材料试验机:Z010型,德国Zwick公司;

冲击试验机:892型,美国Tinius Olsen公司;

MFR仪:BMF-001型,德国Zwick公司;

扫描电子显微镜(SEM):XL-30型,荷兰FEI公司。

1.3 试样制备

40%滑石粉填充PP复合材料的配方列于表1。按表1配比称取原料,经高速混合机混匀,然后在双螺杆挤出机中挤出、造粒,螺杆转速为600 r/min,挤出温度一区为60℃,二区为170℃,三区为200℃,四区~十二区为220℃,喂料速度为30 kg/h。制备的复合材料粒料在200~230℃条件下注塑成标准试样。

表1 40%滑石粉填充PP复合材料配方

原材料	样品编号							
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]	8 [#]
PP(HP840N-Z)	35	35	35	35	35	35	35	35
PP(ST30)	15	15	15	15	15	15	15	15
滑石粉母粒	50	50	50	50	50	50	50	50
色母粒	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
高效抗氧化剂母粒	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
抗氧化剂	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
光稳定剂	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
硬脂酸锌	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	2.0	3.0

1.4 性能测试

拉伸性能按照ISO 527-2012测试,采用1A型试样,拉伸速率50 mm/min。

悬臂梁缺口冲击强度按照ISO 180-2019测试,采用A型缺口试样。

MFR按照ISO 1133-2011测试,测试条件230℃,2.16 kg。

微观形貌观察:采用液氮淬断,然后喷金,使用SEM进行形貌观察。

耐划伤性能按照大众PV 3952-2002测试。采用十字划格法对试样进行测试,针头接触载荷为10 N,针头直径为1 mm,刻划速度为1000 mm/min;用色差仪测试试样划伤前后颜色白度值L的变化值(ΔL),判定划伤的严重程度,ΔL值越小表

面划伤越轻,耐划伤效果越好,并用二次元影像测量仪观察试样表面的划伤形貌。

气味按照大众 PV 3900-2000 测试。取 20 g 粒料置于 1 L 气味中,密封,经 $(80 \pm 2)^\circ\text{C}$ 烘烤 2 h 后,取出、冷却至 $(60 \pm 5)^\circ\text{C}$ 进行气味测试。气味评定级别列于表 2。

表 2 气味评定级别

级别	评价描述
1	感觉不到
2	可轻微感觉到,但不扰人
3	可明显感觉到,但不扰人
4	扰人
5	强烈反感
6	不可忍受

总挥发性有机化合物 (TVOC) 含量按照大众 PV 3341-1996 测试,采用顶空-气相色谱-氢火焰离子化检测器联用仪测试复合材料的 TVOC,测试条件为 120°C ,恒温 5 h。

VOC 含量按照 ISO 12219-2-2012 测试。将 20 g 粒料放入 10 L 袋子中,充入 N_2 ,加热至 120°C ,3 h 后将气体挤出采用 Tenax 管和 DNPH 管捕集,在 Tenax 管吸附后采用热脱附-气相色谱-质谱联用仪测试“五苯”(苯、甲苯、乙苯、二甲苯、苯乙烯);在 DNPH 管吸附洗脱后采用高效液相色谱仪测试“三醛”(甲醛、乙醛、丙烯醛)。

2 结果与讨论

2.1 硬脂酸锌含量对复合材料流动性的影响

加入不同含量的硬脂酸锌时,40% 滑石粉填充 PP 复合材料的 MFR 如图 1 所示。

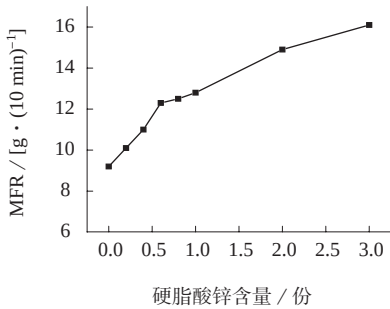


图 1 不同硬脂酸锌含量的复合材料的 MFR

由图 1 可以看出,将硬脂酸锌加入到 40% 滑石粉填充 PP 复合材料中,复合材料的 MFR 得到明显提高。当硬脂酸锌添加量为 3.0 份时,复合材料的 MFR 从 $9.2\text{ g}/(10\text{ min})$ 提高到 $16.1\text{ g}/(10\text{ min})$,提高了 75.0%。这是因为硬脂酸锌作为润滑剂加入到 PP 中后,作为小分子渗入到高分子链间,削弱了 PP 分子链间的范德华力,提高了 PP 分子链的可移动性,宏观上表现出 PP 复合材料的熔体流动性提

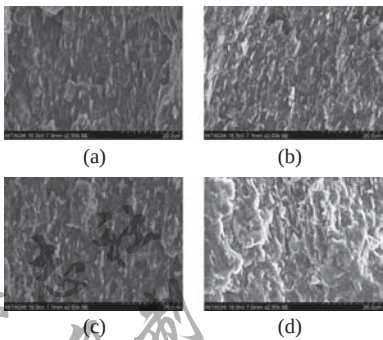
升。

2.2 硬脂酸锌含量对复合材料力学性能的影响

加入不同含量的硬脂酸锌时,40% 滑石粉填充 PP 复合材料力学性能列于表 3,部分复合材料的 SEM 照片如图 2 所示。

表 3 不同硬脂酸锌含量的复合材料的力学性能

项目	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]	8 [#]
拉伸强度 / MPa	32.3	33.7	33.9	34.2	34.9	35.0	35.8	36.2
断裂伸长率 / %	4.7	4.5	4.8	4.9	4.7	5.0	4.9	4.6
悬臂梁缺口冲击强度 / $(\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2})$	3.5	3.6	3.7	3.8	3.8	3.9	3.9	3.9



硬脂酸锌含量: a—0 份; b—0.4 份; c—1.0 份; d—3.0 份

图 2 不同硬脂酸锌含量的复合材料的 SEM 照片

由表 3 可以看出,随着硬脂酸锌含量的增加,复合材料的拉伸强度和悬臂梁缺口冲击强度逐渐增大。当硬脂酸锌含量从 0 份提高到 3.0 份时,复合材料 (8[#] 样品) 的拉伸强度提高了 12.1%,悬臂梁缺口冲击强度提高了 11.4%。由图 2 可以看出,随着硬脂酸锌含量的增加,滑石粉分散越来越均匀,滑石粉与基体树脂结合更加紧密。这可能是因为硬脂酸锌作为润滑剂有利于滑石粉分散,使滑石粉与树脂基体的界面粘合更好,因而提高了复合材料的力学性能;另外,硬脂酸锌具有小分子塑化作用,能够提高 PP 链的运动能力,在复合材料受到快速冲击时,通过分子链的运动吸收能量,表现为复合材料的韧性提高。

2.3 硬脂酸锌含量对复合材料气味的影响

气味等级评定和 VOC/TVOC 测试是评价车用 PP 复合材料气味最常用的表征方法,笔者考察了不同含量硬脂酸锌对 40% 滑石粉填充 PP 复合材料气味等级、VOC 和 TVOC 含量的影响。

(1) 气味等级。

加入不同含量的硬脂酸锌时,40% 滑石粉填充 PP 复合材料的气味等级评定结果列于表 4。

表 4 不同硬脂酸锌含量的复合材料的气味等级

项目	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]	8 [#]
气味等级	4.5	4.0	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0

由表4可知,硬脂酸锌的加入对滑石粉填充PP复合材料的气味改善具有明显的效果。PP复合材料的气味主要来源是羰基类挥发性组分,多为醛、酮及脂类化合物^[17],并且这些物质的主要来源是PP注塑加工时,受到强剪切、高温作用,分子链断裂产生烷基自由基,在有氧环境中,自由基发生链增长、链支化及链终止等反应形成醛、酮、羧酸、酯、水等小分子气味物质。加入硬脂酸锌能够降低PP分子链间的相互作用力,有助于熔体分子链的伸展和滑移,降低分子链间的“内摩擦”以及分子链与滑石粉颗粒、分子链与螺杆的“外摩擦”,进而抑制在“摩擦”、强剪切和高温环境下因部分分子链断裂氧化生成醛酮类气味物质的产生,达到降低气味的效果。

(2) VOC 和 TVOC 含量。

加入不同含量的硬脂酸锌时,40%滑石粉填充PP复合材料的VOC和TVOC测试结果列于表5。

表5 不同硬脂酸锌含量的复合材料的VOC和TVOC含量 $\mu\text{g/g}$

检测物质	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]	8 [#]
甲醛	3.2	2.9	2.7	2.6	2.3	2.1	2.0	2.0
乙醛	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
丙烯醛	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
苯	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
甲苯	0.62	0.48	0.32	0.27	0.21	0.2	0.15	0.11
乙苯	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
二甲苯	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
苯乙烯	0.51	0.49	0.46	0.46	0.42	0.26	0.25	0.24
TVOC	78.51	72.1	68.22	63.21	50.51	42.39	40.16	38.27

注:N.D.表示未检出。

由表5可以看出,在PP复合材料中检出了甲醛、甲苯及苯乙烯物质,其它物质未检出。随着硬脂酸锌含量的增加,复合材料中的VOC和TVOC含量依次降低。当硬脂酸锌含量从0份增加到3.0份时,复合材料(8[#]样品)中的TVOC含量只有38.27 $\mu\text{g/g}$,与未添加时相比降低了51.3%。目前大部分主机厂(如大众、通用等)要求TVOC $\leq 50 \mu\text{g/g}$,所以当硬脂酸锌加入量超过1.0份时,TVOC含量即可满足要求。

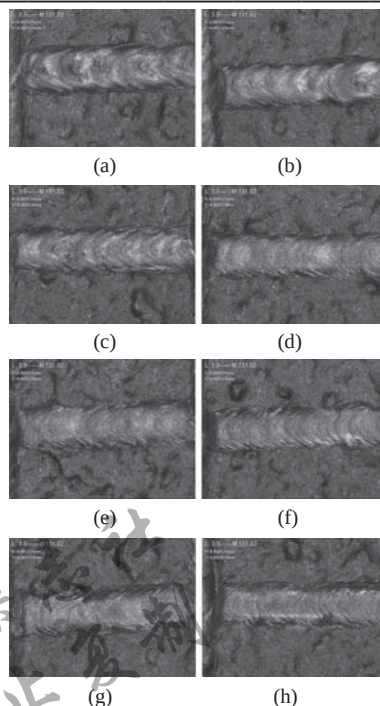
2.4 硬脂酸锌含量对复合材料划伤性能的影响

硬脂酸锌一般作为润滑剂和稳定剂使用,鲜有研究其对滑石粉填充PP复合材料表面耐划伤性能的影响。十字划格法划伤前后不同硬脂酸锌含量的复合材料的 ΔL 值列于表6,二次元影像测量仪观察到的划痕形貌照片如图3所示。

在十字划格法测试过程中,样品表面受挤压力作用发生变形,并粘附在针头四周。当针头滑动时,粘附在针头上的材料被移除,同时会带出填料,宏观

表6 十字划格法划伤前后不同硬脂酸锌含量的复合材料的 ΔL 值

项目	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]	8 [#]
ΔL	4.7	4.1	3.8	3.2	2.6	2.2	2.1	2.0



硬脂酸锌含量:a—0份;b—0.2份;c—0.4份;d—0.6份;

e—0.8份;f—1.0份;g—2.0份;h—3.0份

图3 复合材料十字划格法划伤后的二次元影像照片

表现为“发白”,以 ΔL 值表征^[18]。由表6可以看出,随着硬脂酸锌含量的增加,复合材料的耐划伤性能明显改善,当硬脂酸锌含量从0份增加到3.0份时, ΔL 值降低了57.4%。

由图3可以看出,随着硬脂酸锌含量的增加,复合材料划痕的发白现象逐渐减弱,划伤发白情况得到改善,说明增加硬脂酸锌含量后,复合材料表面的滑石粉裸露减少,摩擦系数降低,不易被破坏。由图3还可以看出,随着硬脂酸锌含量的增加,复合材料划痕抛物线状的“鱼纹”由粗变细,并逐渐消失。可见,润滑剂硬脂酸锌能够提高滑石粉填充PP复合材料表面的耐划伤性能。

3 结论

(1) 添加硬脂酸锌能够改善滑石粉填充PP复合材料的加工性能和常规力学性能。当硬脂酸锌含量从0份增加到3.0份时,MFR提高了75.0%,拉伸强度提高了12.1%,悬臂梁缺口冲击强度提高了11.4%,滑石粉在树脂基体的分散以及与树脂基体界面结合效果更好。

(2) 硬脂酸锌添加到滑石粉填充PP复合材料中,通过润滑作用使得复合材料在改性加工过程中

的摩擦和剪切过热氧化作用减弱,可以明显降低复合材料的气味和 VOC/TVOC 含量。当硬脂酸锌含量从 0 份增加到 3.0 份时,气味等级可降低至 3.0 级, VOC 明显降低, TVOC 降低至 $38.27 \mu\text{g/g}$, 可满足主机厂标准要求。

(3) 添加硬脂酸锌能够提高滑石粉填充 PP 复合材料表面的耐划伤性能。当硬脂酸锌含量从 0 份增加到 3.0 份时,复合材料的耐划伤性能提高 57.4%, 二次元影像测量仪观察发现,随着脂酸锌含量的增加,复合材料表面的划痕“鱼纹”缺陷逐渐消失。

参考文献

- [1] 胡智清,周全,熊建武. 国内车用改性聚丙烯的研究现状及进展[J]. 工程塑料应用, 2017, 45(6):145-148.
Hu Zhiqing, Zhou Quan, Xiong Jianwu. Research status and development of modified polypropylene for vehicle at home[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(6):145-148.
- [2] 张建耀,刘春阳. 汽车用聚丙烯树脂的开发及国内应用现状[J]. 中国塑料, 2018, 32(2):19-26.
Zhang Jianyao, Liu Chunyang. Development of polypropylene resins for automobiles and their application situation in China[J]. China Plastics, 2018, 32(2):19-26.
- [3] 袁华强. 浅析车用聚丙烯改性料的发展趋势[J]. 当代石油石化, 2018, 26(2):43-46.
Yuan Huaqiang. Analysis on development trends of automotive modified PP compounds[J]. Petroleum & Petrochemical Today, 2018, 26(2):43-46.
- [4] 贾洪. 降低汽车内饰件用聚氨酯材料 VOC 的措施[J]. 黑龙江科学, 2020, 11(6):54-55.
Jia Hong. Measures to reduce VOC of polyurethane material for automotive interior parts[J]. Heilongjiang Science, 2020, 11(6):54-55.
- [5] 范开鑫,金江彬,陈江明. 汽车用低气味、低 VOC 聚丙烯复合材料的制备及性能[J]. 工程塑料应用, 2019, 47(08):23-28.
Fan Kaixin, Jin Jiangbin, Chen Jiangming. Preparation and properties of low odor and low VOC polypropylene composites for automotive[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(8):23-28.
- [6] 胡金妮. 车用低散发聚丙烯的研究[D]. 广州:华南理工大学, 2018.
Hu Jinni. Research on low emission polypropylene for automobile[D]. Guangzhou:South China University of Technology, 2018.
- [7] 刘小林. 低气味、低 VOC 聚丙烯共混物的研究[J]. 塑料科技, 2017, 45(6):21-25.
Liu Xiaolin. Study on polypropylene blend with low odor and low VOC[J]. Plastics Science and Technology, 2017, 45(6):21-25.
- [8] 褚松茂. 低 VOC 含量塑料制备与加工技术及其在汽车内饰中的应用[J]. 合成树脂及塑料, 2017, 34(5):102-105.
Chu Songmao. Preparation and processing of low VOC plastics and its application in automotive interior[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2017, 34(5):102-105.
- [9] 陈桂吉,陈延安,罗忠富. 聚丙烯材料中 VOC 物质的来源分析[J]. 合成材料老化与应用, 2019, 48(3):33-36, 106.
Chen Guiji, Chen Yan'an, Luo Zhongfu. Source analysis of VOC substances in polypropylene materials[J]. Synthetic Materials Aging and Application, 2019, 48(3):33-36, 106.
- [10] 姜思维. 注塑温度及衰减时间对改性聚丙烯注塑件气味、VOC 的影响[J]. 现代机械, 2018(6):88-90.
Jiang Siwei. Effect of injection temperature and decay time on odor and VOC of modified polypropylene injection molded parts[J]. Modern Machinery, 2018(6):88-90.
- [11] Wang Xin, Yuan Hongyue, Pan Yamin, et al. Creep behavior and mechanical properties of isotactic polypropylene composites via twice melt injection molding[J]. Advanced Industrial and Engineering Polymer Research, 2019, 2(3):102-109.
- [12] 潘瑞琦,金滟,康鹏,等. 助剂对聚丙烯气味及挥发性有机物影响的研究进展[J]. 合成树脂及塑料, 2016, 33(2):88-91.
Pan Ruiqi, Jin Yan, Kang Peng, et al. Effects of additives on polypropylene odors and volatile organic compounds[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2016, 33(2):88-91.
- [13] 刘小林. 低气味、低 VOC 聚丙烯/滑石粉共混物的研究[J]. 工程塑料应用, 2017, 45(5):29-34.
Liu Xiaolin. Study on polypropylene / talcum powder blend with low odor and low VOC[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(5):29-34.
- [14] 闫溥,李荣群,邵之杰,等. 汽车内饰用低 VOC 含量聚丙烯复合材料的制备[J]. 合成树脂及塑料, 2017, 34(4):17-20.
Yan Pu, Li Rongqun, Shao Zhijie, et al. Preparation of low VOC PP composite materials for automotive interior parts[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2017, 34(4):17-20.
- [15] 黎敏,王雄刚,龙光宝,等. 一种低 VOC 低气味的聚丙烯组合物及其制备方法:CN201610818043.X[P]. 2017-02-08.
Li Min, Wang Xiongqiang, Long Guangbao, et al. A polypropylene blends with low odor and low VOC, and its preparation method:CN201610818043.X[P]. 2017-02-08.
- [16] 卢先博,吴建,彭庆益,等. 聚丙烯材料耐划伤性能的研究[J]. 上海塑料, 2018(1):26-31.
Lu Xianbo, Wu Jian, Peng Qingyi, et al. Study on scratch resistance properties of polypropylene material[J]. Shanghai Plastic, 2018(1):26-31.
- [17] 李应平,郑化安,王小宪,等. 车用聚丙烯改性材料气味控制技术进展[J]. 工程塑料应用, 2016, 44(6):124-127.
Li Yingping, Zheng Huaan, Wang Xiaoxian, et al. Progresses in control technology for volatile organic compounds in modified polypropylene for vehicle[J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(6):124-127.
- [18] 林洁龙,杨波,丁正亚,等. 免喷涂外观美学树脂的应用[J]. 工程塑料应用, 2016, 44(10):36-40.
Lin Jielong, Yang Bo, Ding Zhengya, et al. Applied of paint-free resin with aesthetics exterior[J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(10):36-40.